



ANÁLISE DA PERDA DE SOLO DE UMA PEQUENA BACIA HIDROGRÁFICA DA AMAZÔNIA ATRAVÉS DOS MODELOS DE POESEN E USLE

Kelly Nayara Soares dos Santos¹; Claudio José Cavalcante Blanco²; Danielle
Sebastiana dos Santos da Silva³

RESUMO---A erosão, entendida como um processo de degradação do solo devido à atuação dos fatores naturais e antrópicos, tem merecido, cada vez mais, a atenção dos pesquisadores, tanto no que diz respeito à manutenção da produtividade agrícola, como no que se refere à preservação ambiental. Nesse contexto, o objetivo do presente trabalho é a quantificação da perda de solo de uma pequena bacia hidrográfica amazônica. Para tanto, os modelos de Poesen e USLE foram aplicados aos dados morfoclimáticos da bacia, resultando em uma perda de solo média de 139 t ha⁻¹ano⁻¹ para Poesen e 142 t ha⁻¹ano⁻¹ USLE, determinadas para o período entre 1988 e 2010. Essa diferença demonstra que os modelos estimaram similarmente a perda de solo da pequena bacia analisada. Como na literatura já existem outros trabalhos que simularam a perda de solo dessa bacia através do modelo USLE. A estimativa através do modelo de Poesen confirma que esse modelo também pode ser utilizado para estimativa de perda de solo de pequenas bacias hidrográficas da Amazônia.

Abstract

Erosion is understood as a process of soil degradation due to the action of natural and anthropogenic factors. It has received increasingly more attention from researchers, both with regard to the maintenance of agricultural productivity, as in regard to the preservation environmental. In this context, the aim of this work is the quantification of soil loss from an Amazon small catchment. In this case, the models of Poesen and USLE were applied to morphoclimatic data of the catchment, resulting in an average soil loss of 139 t ha⁻¹ yr⁻¹ for Poesen and 142 t ha⁻¹ yr⁻¹ USLE, determined for the period from 1988 and 2010. This difference demonstrates that the models similarly estimated soil loss from small catchment analyzed. As in the literature already exist other work that simulated soil loss by the model of USLE for this catchment. Thus, the modeling through the Poesen model confirms that this model can also be used to estimate soil loss from small watersheds of the Amazon.

Palavras-chaves: Poesen; USLE; perda de solo.

¹ Graduanda, Faculdade de Engenharia Civil, UFPA, 67033-074 Ananindeua, PA, kelly.santos@itec.ufpa.br

² Professor, Faculdade de Engenharia Sanitária e Ambiental, UFPA, 66075-110 Belém, PA, blanco@ufpa.br

³ Mestranda, Programa de Pós-Graduação em Engenharia Civil, UFPA, 66075-110 Belém, PA, dssilva@ufpa.br

INTRODUÇÃO

A produção de sedimentos é o produto final da erosão ou desgaste da superfície do solo pela ação de água, vento, gelo e gravidade. Entretanto, nem todo o solo erodido chega aos cursos de água, parte deposita-se na bacia hidrográfica devido a obstáculos naturais. A porção do material erodido que é transportado através da corrente segue para um ponto de interesse, denominada produção de sedimentos. Em contra partida, a perda de solo é a parte de solo que a chuva desgasta, podendo sair ou ficar retido na bacia.

A estimação da quantidade de sedimento produzida neste processo pode ser determinada empiricamente por alguns modelos, tais como: USLE (Wischmeier & Smith, 1965), MUSLE (Williams, 1975), RUSLE (Renard *et al.*, 1987) e Poesen (1985). No presente trabalho, os modelos de Poesen e USLE foram analisados e aplicados a uma pequena bacia hidrográfica da Amazônia, a bacia do Igarapé da Prata, município de Capitão Poço, nordeste paraense.

Poesen (1985) desenvolveu um modelo para estimar a erosão com base nas características do solo, declividade e energia cinética da chuva. O modelo de Poesen foi desenvolvido para solos expostos, com cobertura vegetativa, sendo necessário, portanto, incluir o factor *C* de cobertura e ocupação do solo, como nos modelos da família USLE. Nesse contexto, o presente artigo tem como objetivo analisar e aplicar o modelo de Poesen (1985), comparando-o à USLE a partir da aplicação dos modelos à bacia do Igarapé da Prata. Os dados necessários à aplicação dos modelos foram determinados através de pesquisas de campo e daqueles disponíveis na literatura.

MATERIAL E MÉTODOS

Área de estudo

A bacia do Igarapé da Prata localiza-se no município de Capitão Poço, região nordeste do estado do Pará, aproximadamente a 160 km da capital Belém. O estudo foi realizado no trecho superior da bacia, com uma área aproximada de 37 km², com o exutório sendo demarcado pela Estação Fluviométrica Marambaia (Código Agência Nacional de

Águas – ANA: 31600000) controlada pela CPRM (Serviço Geológico do Brasil). A área total da bacia possui 82 km² sendo que o igarapé deságua no rio Guamá (Figura 1).

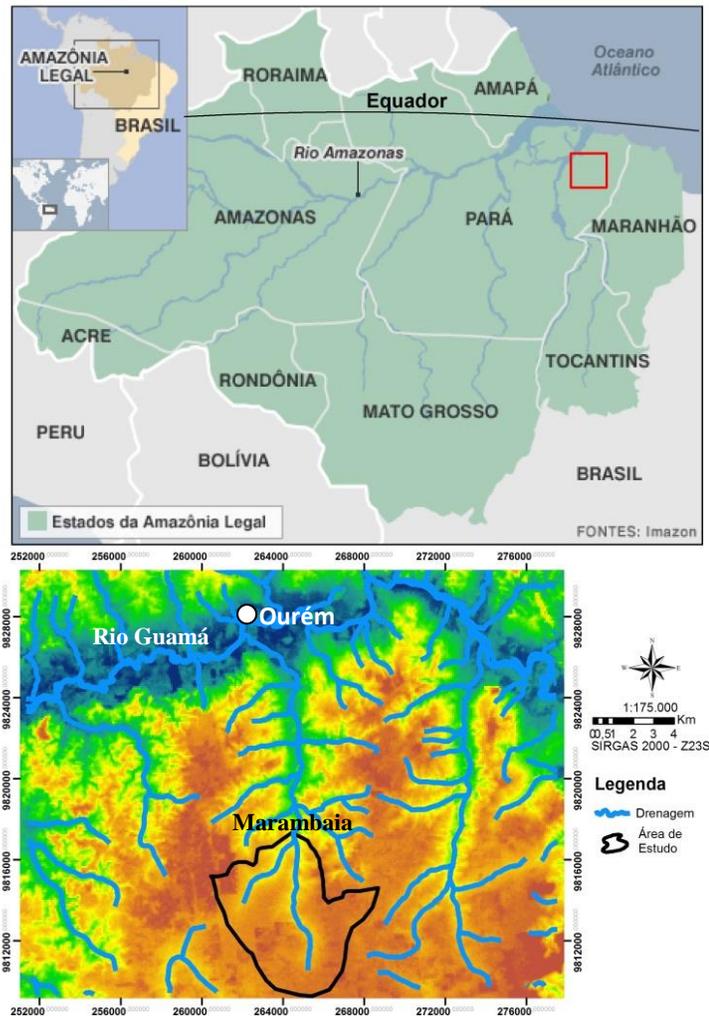


Figura 1: Localização da Pequena bacia Hidrográfica do Igarapé da Prata.

Modelo de Poesen (1985)

O modelo de Poesen (1985) é baseado nas Equações 1 e 2.

$$q_{rs} = C(KE)r_s^{-1} \cos \alpha \quad (1)$$

$$q_s = q_{rs} [0,301s\text{en}\alpha + 0,019D_{50}^{-0,22}(1 - e^{2,42s\text{en}\alpha})] \quad (2)$$

Onde q_{rs} é a massa de solo desagregado por unidade de área (kg m^{-2}); C é o fator de uso e cobertura do solo; KE é o fator de energia cinética da chuva (J m^{-2}); r_s é a resistência do solo à energia de queda da chuva (J kg^{-1}); α é a declividade do terreno ($^\circ$); q_s é o transporte das partículas sólidas por unidade de comprimento (kg m^{-1}); e D_{50} é o diâmetro médio das partículas (m).

O fator de energia cinética da chuva, KE (J m^{-2}), é dada por:

$$KE = \beta N \quad (3)$$

Onde β - fator proporcional ao quadrado da velocidade de queda das gotas de chuva $\text{J}/(\text{m}^2 \cdot \text{mm})$; e N - quantidade de precipitação (mm).

A resistência do solo, r_s (J/kg), é dada por:

$$r_s = 1836,5 + 175,7 \ln D_{50} \quad \text{para } 0,0001\text{m} < D_{50} < 0,0007\text{m} \quad (4)$$

Fator C

O fator C varia em função da erosividade e erodibilidade, para cada cultura e tipo de manejo e cultivo do solo. Dessa forma, há grande dificuldade na determinação desse fator em virtude das inúmeras combinações possíveis de erosividades, culturas, sistemas de cultivo e tipos de preparo e manejo, para cada solo (BERTOL *et al.*, 2000). Por isso, o fator C foi determinado segundo a metodologia de Santos (2013), o qual determinou seu valor médio para a bacia do Igarapé da Prata, considerando todos os usos, sendo igual a 0,031.

Fator β

É um coeficiente proporcional ao quadrado da velocidade da chuva e varia de acordo com o clima de cada região. Há alguns valores para este fator na literatura: 12,5 para Bélgica ($\text{J m}^{-2} \text{mm}^{-1}$) (Poesen, 1983); 16,5 ($\text{J m}^{-2} \text{mm}^{-1}$) para Marrocos (Heusch, 1970); 17,4 – 18,5 ($\text{J m}^{-2} \text{mm}^{-1}$) para Zimbábue (Stocking, 1981); 25,8 ($\text{J m}^{-2} \text{mm}^{-1}$) para Indonésia

(Vand Der Linden, 1978) e $33,0 \text{ (J m}^{-2}\text{mm}^{-1}\text{)}$ para Nigéria (Kowal & Kassam, 1977). Devido à semelhança climática com a área de estudo, o β utilizado foi o mesmo proposto para a Nigéria.

Diâmetro médio das partículas

A água que flui sobre a superfície do solo, exerce uma força sobre as partículas que tendem a colocá-las em movimento. Para os sedimentos de diâmetros relativamente grandes, a força de resistência é devida ao peso das partículas. Para os sedimentos finos (argilas e siltes), a resistência é devida a coesão entre as mesmas (Foster, 1982). A determinação do diâmetro médio das partículas é obtida através da equação (5):

$$DPM = \sum Ct. P \quad (5)$$

Onde Ct é o centro de cada classe textural (mm), através da escala ϕ (phi) apresentada por Milde *et al.*, (2008), na qual o diâmetro médio da partícula areia grossa é 1,125; areia fina é 0,150; silte é 0,026 e argila é 0,002. Pt é a proporção da classe textural (g g^{-1}).

Para aplicação da Equação 5 na área de estudo, foram utilizados os dados de Martins (1987), os quais descrevem as características de Latossolos Amarelos nas proximidades da pequena bacia (Tabela 11). Assim, o valor de D_{50} foi determinado igual a 0,00056 m.

Tabela 1: Características do Latossolo Amarelo na região. Fonte: Martins (1987).

Permeabilidade	Moderada e Rápida
Textura	Franco Arenosa
% Areia grossa	46
% Areia fina	29
% Silte	14
% Argila	11
% Matéria Orgânica	2,18

Precipitação

Os valores de precipitação utilizados nesse trabalho foram coletados a partir da base de dados da Agência Nacional de Água (ANA) no site <http://hidroweb.ana.gov.br/>, entre os

anos de 1988 a 2010 em Ourém, município próximo ao Igarapé da Prata, a média de chuvas anuais neste período foi de 2.279 mm. Os dados de precipitação foram utilizados nos modelos, USLE e de Poesen. A Figura 2 apresenta os totais anuais de precipitação em Ourém para o período analisado.

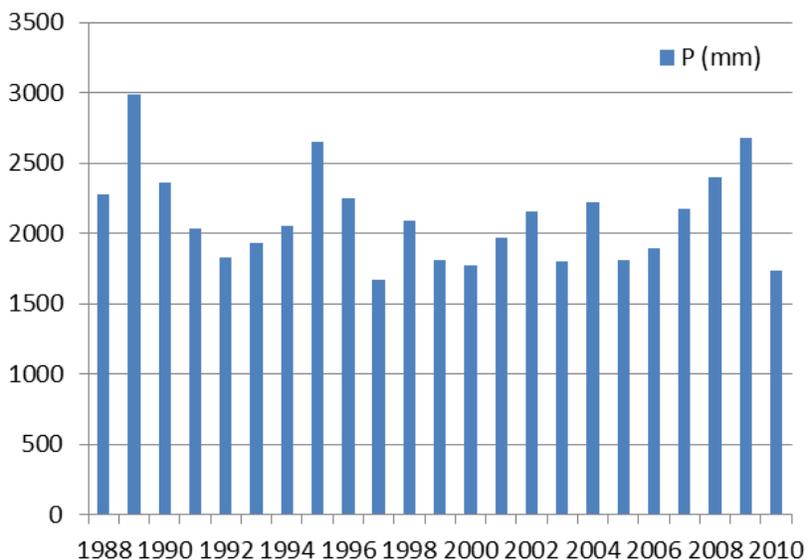


Figura 2: Totais anuais de precipitação em Ourém

Declividade

A declividade do solo está relacionada com a topografia local e quanto maior for esse fator, maior é a velocidade de escoamento superficial causando uma maior erosão. De acordo com o Modelo Digital de Elevação (Figura 3) e do mapa de declividade (Figura 4), a região é em grande parte de baixa altitude com valor médio de 53 m, também apresenta relevo predominantemente plano com declividade em torno de 3,5%, que é equivalente a 2°.

USLE

A USLE (Eq. 6) tem como objetivo estimar a perda média de solo durante um período prolongado, por exemplo, a média de perda de solo anual. Esse modelo foi desenvolvido a partir de informações levantadas em mais de 10.000 lotes experimentais, localizados em 47 estações de 24 estados norte-americanos em diferentes condições climáticas.

$$A = R K (LS) CP \quad (6)$$

Onde A é a perda de solo ($t \text{ ha}^{-1} \text{ ano}^{-1}$); R é o fator de erosividade da chuva ($\text{MJ mm ha}^{-1} \text{ h}^{-1} \text{ ano}^{-1}$); K é o fator de erodibilidade do solo ($t \text{ h MJ}^{-1} \text{ mm}^{-1}$); LS é o fator topográfico; C é o fator de cobertura do solo e P é o fator de práticas conservacionistas.

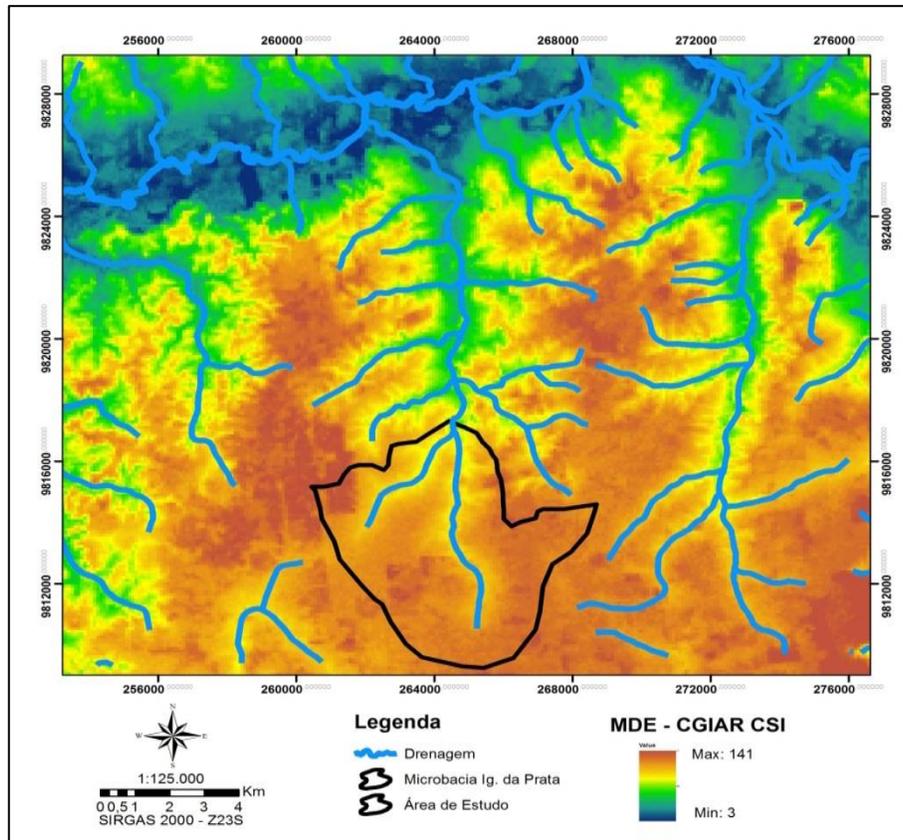


Figura 3: Modelo digital de Elevação (MDE).
Fonte: Adaptado de Jarvis *et al.*, (2008).

Fator R

O fator energético da chuva, R (Eq. 7), expressa o poder erosivo de um evento de chuva através de sua energia cinética e de sua intensidade máxima de 30 min para o evento considerado. Seu valor pode ser calculado para períodos mensais ou anuais.

$$R = \sum_{i=1}^n E_i \cdot I_{30i} \quad (7)$$

Onde E_i é a energia cinética da chuva do evento i ($Mj\ ha^{-1}$); I_{30i} é a intensidade da chuva de 30 minutos, mais intensa, ocorrida durante o evento chuvoso i ($mm\ h^{-1}$); e n é número total de eventos chuvosos do mês considerado no presente estudo. Entretanto, como dados de chuva em intervalos de 30 min são de difícil obtenção, optou-se pelo uso da Equação de Morais *et al.*, 1991 (Eq.8), a qual pode ser utilizada para a região em questão (Silva, 2004).

$$R = 36,894(Pm^2 / Pa)^{1,0852} \quad (8)$$

Onde: Pm é a Precipitação média mensal (mm) e Pa é a Precipitação média anual (mm).

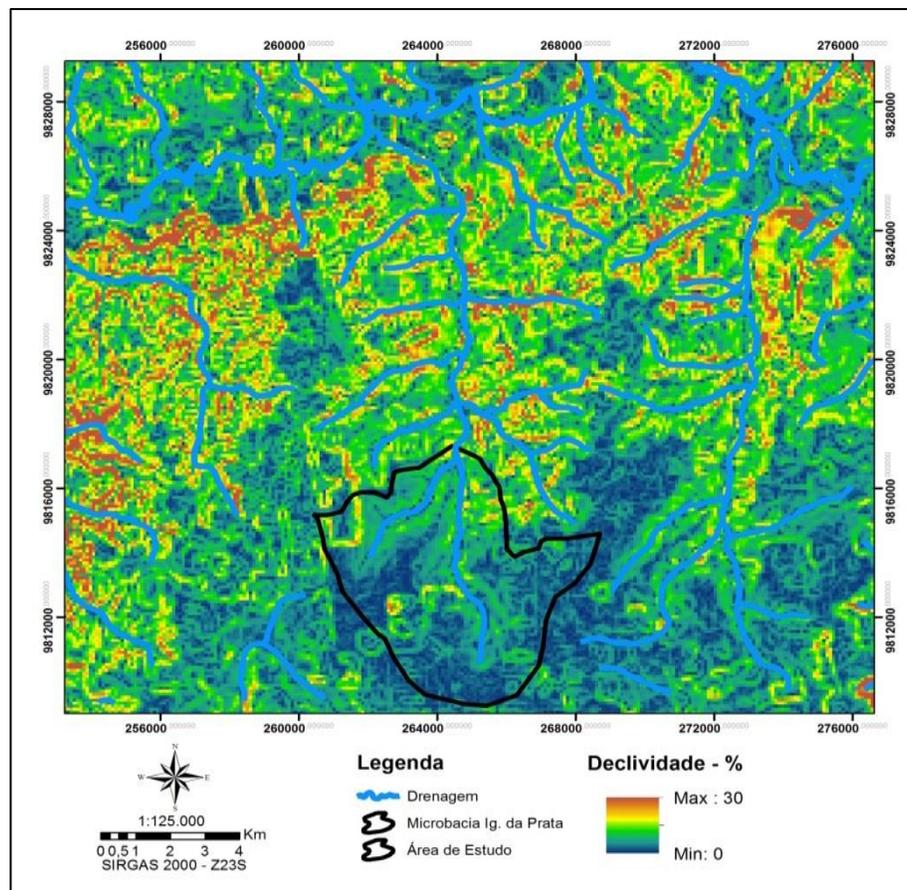


Figura 4: Mapa de declividades.
Fonte: Santos, (2013).

Fatores K, LS, C e P

Esses fatores foram determinados segundo o trabalho de Santos (2013). Os valores apresentados pelo autor são: $K = 0,026 t.h.MJ^{-1}mm^{-1}$; $LS = 0,38$; $C = 0,031$; e $P = 1$. O valor do fator C já tinha sido apresentado na análise do modelo de Poesen. O valor do fator P reflete a falta de práticas conservacionistas na bacia em questão.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

A Tabela 2 mostra a perda de solo estimada pelo modelo de Poesen na bacia do Igarapé da Prata, comparando com os valores da USLE, no período de 1988 a 2010.

Tabela 2: Perda de solo estimada pelos modelos Posen e USLE.

	Poesen (t ha ⁻¹)	USLE (t ha ⁻¹)
1988	150	154
1989	197	266
1990	156	157
1991	134	146
1992	120	98
1993	128	98
1994	136	163
1995	175	195
1996	148	147
1997	110	112
1998	138	141
1999	120	85
2000	117	81
2001	130	134
2002	142	137
2003	119	125
2004	147	157
2005	120	124
2006	125	102
2007	143	152
2008	158	171
2009	177	248
2010	115	74
Média	139	142

Analisando-se os resultados da Tabela 2, percebe-se que a perda de solo em média estimada pelo modelo de Poesen foi um pouco menor que aquela simulada pela USLE, mostrando que o modelo de Poesen também pode ser utilizado para estimar a perda de solo da pequena bacia analisada.

CONCLUSÃO

Nesse trabalho foram aplicados os modelos matemáticos de Poesen e USLE para estimativa de perda de solo de uma pequena bacia hidrográfica da Amazônia. Os resultados obtidos por esses dois modelos foram comparados. A quantidade de perda de solo média estimada pela USLE, para o período analisado, foi ligeiramente maior em relação ao modelo de Poesen. O presente trabalho mostrou que o modelo de Poesen pode vir a ser aplicado às bacias hidrográficas da Amazônia, tornando-se mais uma ferramenta a ser avaliada com esse intuito.

AGRADECIMENTOS

Os autores agradecem A FAPESPA - Fundação Amazônia Paraense de Amparo à Pesquisa, pelo financiamento de uma bolsa PIBIC e à CAPES pelo financiamento de uma bolsa de mestrado.

BIBLIOGRAFIA

BERTOL, I. & ALMEIDA, J.A. (2000). *Tolerância de perda do solo por erosão para os principais solos do estado de Santa Catarina*. R. Bras. Ci. Solo, 24:657-668.

FOSTER, G.R. (1982). *Modelling the erosion process*. Em: Haan, C.T., Johnson, H.P., Brakensiek, D.L. Hydrologic Modelling of Small Watersheds. ASAE Monograph, n. 5. American Society of Agricultural Engineers, Michigan. P. 295-380.

HEUSCH, B. (1970). *L'Erosion du Pré-Rif. Une etude quantitative de L'erosion hydralique cans les collines marneuses du Pré-Rif occidental* – Ann. Reach. Forestiere au Maroc 12: 9-176.

JARVIS, A., H.I. REUTER, A. NELSON, E. GUEVARA. (2008). *Hole-filled SRTM for the globe Version 4*. Disponível em: CGIAR-CSI SRTM 90m Database (<http://srtm.csi.cgiar.org>).

KOWAL, J. & A. KASSAM. (1977). *Energy load and instantaneous intensity of rainstorms at Samaru, Northern Nigeria*. In: Greenland, D. & R. Lal (eds): *Soil Conservation and management in the humid tropics*. p. 57-70, Chichester (Wiley).

MARTINS, P.F.S. (1987). *Propriedades de solos sob floresta natural e sua alteração em consequência do desmatamento e cultivo, na Amazônia Oriental*. Tese de Doutorado. Universidade de São Paulo, Piracicaba-SP. 233 p.

MILDE, G. A. DEDECEK, R. A.GAVA, J. L (2008). *Diâmetro Médio Ponderado de Partículas para estimativa de propriedades físico-hídricas dos solos*. Pesquisa Florestal Brasileira. Colombo-PR, n.55, 2008. Pp. 21-27.

POESEN, J. (1985). *An improved splash transport model*. *Zeitschrift fur Geomorphologie* 29, 193– 211.

POESEN, J. 1983. *Regenerosie Mechanismen en bodemerosie gevoeligheid*. – Unpubl. Ph. D. Thesis, Univ. Leuven, 368 p.

RENARD, K.G., FOSTER, G.R., WEESIES, G.A., MCCOOL, D.K, YODER, D.C. (1987). *Predicting Soil Erosion by Water: A Guide to Conservation Planning with the Revised Soil Loss Equation (RUSLE)*. U.S. Dept. of Agriculture, Agric. Handbook No. 703, 404 pp.

SANTOS, D.B.O. (2013) *Aplicação da RUSLE a uma Pequena Bacia Hidrográfica da Amazônia*. Dissertação de mestrado. UFPA, Belém, PA, 96p.

SILVA, A. M. (2004). *Rainfall erosivity map for Brazil*. *Catena*, 57, 251-259.

STOCKING, M. (1981). *A working model for the estimation soil loss suitable for underdeveloped areas*. Univ. East Anglia, Dev. Stud. Occ. Pap 15:54 p.

VAN DER LINDEN, P. (1978): *Contemporary soil erosion in the Sanggreman river basin related to the Quaternary landscape development* – Ph. D. thesis, Univ. Amsterdam: 110 p.

WILLIAMS, J.R. (1975). *Sediment routing for agricultural watersheds*. *Water Resources Bulletin*. USDA, Texas, p. 965-974.

WISCHMEIER, W.H., SMITH, D.D. (1965). *Predicting rainfall erosion losses from Gopland east of the Rocky Mountains*. United States Department of Agriculture (USDA). Washington, DC. Agricultural Handbook No 282, 47 p.